

話 題 (IV)

核分裂50周年ドレスデン会議の報告

(京大・工) 木村逸郎

1. はじめに

核分裂が発見されて50年、丁度半世紀になる。1938年の暮、既にL. Meitnerが亡命して去った後、ベルリンのカイザー・ウィルヘルム物理化学研究所のO. Hahn研究室では、F. Strassmannの協力の下で核分裂の研究が大詰に入っていた。そして遂に「原子核が分裂する」ということが化学的に証明され、早速投稿されてNaturwissenschaften誌に発表されたのは翌1939年1月6日号(Vol.27, p.11)であった。こうしたことから、核分裂発見は1938年ないし1939年ということになり、本年から来年にかけ、その50周年記念の会が沢山催される。米国原子力学会ANSの特別会合は既に開催されたようだが、国際的な会合はここで報告する東ドイツドレスデンが皮切りで、1989年4月には西ベルリンで、5月には米国NBSで、そして10月頃にはソ連のレニングラードで開催の予定という。他にもまだあるかも知れない。中性子発見50周年の国際会議が由緒ある英国ケンブリッジだけで開かれたのとは異なり、核分裂の会議は複数に分裂して開かれるのも面白い。(実際は非常にややこしいことが裏であったに違いない。とくに西ベルリンの会議などスタートが遅れたように思う。西ドイツの科学者の一人は、いま西ドイツで核分裂の会議を開くと緑の党に破壊されると私に冗談を言っているのを聞いたことがある。このために遅れたのでもなかろうが、ベルリンが今なお2つに分割されている現状がきつとこの会議の準備に影を落したのではないかと私は推量している。)

核分裂によって人類が得た利益がどんなに大きなものであったにしても、それによって命を落された広島や長崎、あるいはチェルノブイリの方々のことを思うと核分裂発見50周年は、決して手放しで祝賀していいものではないが、原子核が分裂するという純科学的に極めて興味ある現象が見出され、その応用がどんどん進んでいる割には、今なお核分裂現象そのものに未知のことが多く秘められていることに私自身心を引かれるものであり、ドレスデンの会議に参加することにした。

なお、本年度京大原子炉実験所に専門研究会として設置して頂いた「核分裂と核破砕の物理と工学」も、その設立趣旨の中で核分裂発見50周年のことをとりあげている。

2. ドレスデン会議の概要

核分裂50周年、核分裂の物理と化学国際シンポジウムは、ドレスデン工大が主催し、第18回原子核物理国際会議として開催された。そしてIAEAがこれに積極的に協力していた。同じ副題「核分裂の物理と化学」の国際会議が数回IAEAによって開催され、注目を集めてきたことは周知のとおりであるが、それを自ら開催できなくなったIAEAが協力側に廻ったので

あろう。(他の核分裂50周年の会議でも同様の役割を演ずるようである)本会でIAEAが財政面などでどんな寄与をしたかは知らないが、核データセクションのJ.J. Schmidt 部長ほかがかつ乗り込み、かつ開発途上国の人たち10名余を派遣したことが注目された。

会期は11月21日(月)の朝から25日(金)の昼前まで、早い雪に見舞われたガウシヒ城の会議室が会場となった。ガウシヒ城は、堀をめぐるしてもいないし、丘の上の古城というものでもなく、平地に立つ大邸宅という感じのものであるが、その歴史は古く16世紀には既に存在していたという。(いつ創建されたかは聞き漏らした)建物及び内装が時代とともに付け加えられたため少しずつ異なった様式のものがあるとのことだが、鏡の間や狩猟の間は立派なものである。また会場となった部屋は約7000冊の古書に囲まれた荘厳なものであった。第2次大戦後、ガウシヒ城そのものがドレスデン工大附属になり、このような国際会場などに活用されているとのこと、誠に羨しい限りである。

会議のプログラムは以下に示すように、開会と閉会の間に、合計9つのセッションがあった。まず開会式では、IAEA代表とこの会議の開催責任者ドレスデン工大のD. Seeliger 教授があいさつした。

セッションIは核分裂片の分布に関するもので、ILLのA. Michaudonが座長をし、かつレビューも行った。ここで彼が触れたことは、核分裂障壁(^{230}Th の3つの山のことなど)、核分裂チャンネル(共鳴核分裂の質量分布や ν がスピン状態によらぬらしいこと)、核分裂の谷(超重核の対称分裂のこと)、cold fragmentation、非常に非対称性の大きな核分裂(^{235}U からCuやNiができること)などであった。次に、西ドイツのF. Gönnerweinが、ILL高中性子束炉のLohengrinでやった実験を中心に核分裂片の電荷分布に関する立派なレビューを行った。能弁で話されてメモが少ないので、是非予稿や関連文献を頼むといたら快諾されたので詳しくはその後らせて頂きたい。これに続き、私が ^{235}U と ^{233}U の熱中性子核分裂片の2重エネルギー-2重速度分析測定について報告した。京大炉の中込氏と原研の神野氏が中心になってやってくれた仕事の紹介であったが、実験の方法について2、3の質問があった。とくに前述のGönnerweinからは、シリコン表面障壁検出器SSBのパルス波高の問題、ウラン試料や超薄型シンチレータTFDにおける核分裂片の小角散乱、即発中性子放出による核分裂片の反跳に伴う測定系の効率変化などについて議論があった。(このうち後の2つは個人的に話し合ったもの)今後も引続き議論と情報交換を行うことを約した。以下の発表の紹介は省略する。

次のセッション(II)は、核分裂の基本的問題であり、西ドイツのR. W. Hasseが核分裂過程のdissipation と friction について、やはり能弁にレビューを行った。この過程のハミルトニアンを3つの項に分割して説明し、核表面での friction の流体力学的解釈、dissipation energy E^* をとり入れた時間依存シュレディンガー方程式のことなどをもとに低エネルギー中性子核分裂の実験事実の説明を試みた。このセッションでは、核分裂におけるパリティ非保存に関するものが3件もあった。ソ連ガチナ研究所のG. A. Petrovはいくつかの実験結果を示すととも

に今後の研究とくに実験すべき課題について提案を行った。それは(1) Danilyan の実験の再チェック, (2) ^{241}Pu などについて, 新しい p-odd 効果を調べること, (3) 励起エネルギー, 中性子エネルギーの効果, (4) ^{233}U や ^{239}Pu の 3 体核分裂の p-odd 効果, などであった。偏極中性子など偏極ビームによる核分裂研究の意義は今なお重要で面白いようである。その他では, ソ連ドブナ研究センターの Y. A. Lazarev のベータ遅延核分裂の発見と今後の研究課題に関する講演が興味を引いた。これは Sm に Ca, Ar などのイオンを打ち込んだ場合, β 崩壊をしたのち自発核分裂をする現象であり, 例えば $^{144}\text{Sm} + ^{40}\text{Ca} (230 \text{ MeV}) \rightarrow ^{184}\text{Pb}$ の β 遅延核分裂の半減期は約 0.85 秒であるとのことであった。

セッション(Ⅲ)は核分裂理論に関するものであり, かの有名な大御所ソ連キエフ研究所の V. Strutinsky が座長と主レビュアーをつとめた。とくに彼の得意とする核分裂における原子核内の核子の殻構造について述べた。次に同じくソ連ドブナ研究センターの V. V. Pashkevich が大きく変形した原子核のことについて, 非常に短いチャンネル, 標準的なチャンネル及び特に長いチャンネルの 3 つの形があることを例を示しながら説明した。最後にソ連オブニスク研究所の A. B. Ignatyuk が核分裂の統計力学とダイナミックスについて述べた。

次は, 核分裂片の deexcitation のセッションであり, 西ドイツの J. Theobald が座長をした。ここではまずベルギーのモル研究所における Knitter らの詳細な実験を U. Brosa が説明し, これによりこの問題が統一的かつ精密に説明できるようになったと気を吐いた。本年 5 月末～6 月に水戸で開かれた核データ国際会議にも出されたが, たしかに彼らの実験は核分裂片に関する多くの物理量: $Y(A, TKE)$, $\bar{\nu}_n(A, TKE)$, $P_n(\eta, A, TKE)$ (中性子スペクトル), $\bar{\nu}_\gamma(A, TKE)$, $P_\gamma(E_\gamma, A, TKE)$, $\bar{E}_\gamma(A, TKE)$ などを同時に求めるものであり, 画期的なものである。これによって得られた知見も多く, 今後大いに参考にしたい実験である。次にドレスデン工大の H. Märten (このシンポジウムの幹事役として, 表に裏に D. Seeliger 教授を助けた) が核分裂片からの粒子放出確率関数 $P(A, Z, E^*, TKE, J, \dots)$ について説明し, ^{252}Cf の自発核分裂を中心に実験データとの比較を行った。これについては, 本年 5 月末に水戸で開かれた核分裂中性子放出に関する IAEA 専門家会議で発表があり, 近大原研大沢氏の立派なレビュアー⁽¹⁾があるのでここでは省略する。いずれにしても核分裂片からの粒子放出は, 中性子を中心に実験データと理論的説明が整いつつある。

セッション(V)は 3 体核分裂であり, 前記 J. Theobald が ILL での最近の実験などを紹介しながら, α 粒子放出のメカニズムについて説明した。その他, 東ドイツロッセンドルフ研究所の W. Pilz による ^{252}Cf の 2 体及び 3 体核分裂の即発 γ 線の角分布も興味を引いた。これは, 核分裂片の質量も同時に測定している。

次は, 自発核分裂と崩壊のセッションであり, ソ連ドブナ研究センターの Yu. T. Oganessian が座長をつとめ, 西ドイツの W. Greiner がクラスター放出放射能, 超非対称分裂と基底準位の前駆的な形成に関するレビュアーをした。このセッションでは米国から唯一人出席したりバー

モア研究所の E. K. Hulet が、超重核の自発核分裂の質量分布を2つのモードの和として説明した。この人とはガウシヒ城で一週間同室で過し、予稿も頂いている（都立大中原教授とクラスメートとのこと）。

次のセッションは、特別な状態での核分裂であり、上記米国の E. K. Hulet が座長となり、高エネルギー粒子などによる核分裂の話が続いた。まず、西ドイツの P. David が μ 中間子による核分裂のレビューを行った。 μ 中間子を ^{237}Np , ^{238}U , ^{232}Th などに当てて生じる $^{237}\text{Np}^\mu$ などが核分裂を起こす場合の核分裂障壁や核分裂後の μ 中間子の振舞いなどを実験した結果が紹介された。同様の話がソ連の G. E. Belovitski からも発表された。次に西ドイツの T. V. Egidy により CERN の反陽子発生装置 (LEAR) によってなされた静止状態反陽子による核分裂の発表が行われ興味を引いた。反陽子が原子核に入り陽子と一緒に消滅すると、狭い領域内で 1.9 GeV 近いエネルギーが発生するので、原子核の態とくに nuclear matter を調べる上で非常に有効であり、そこでの核内カスケードとクラスター生成などがどのように起こるかが分かるとのことであった。同じテーマについて、ユーリッヒの H. Machner から、この場合の核分裂片などの測定の話が付け加えられた。さらに東ドイツの W. Neubert から 1 GeV 陽子による核分裂、ソ連の V. G. Nedorezov から後方散乱されたレーザー光子による光核分裂の話があり、いずれも興味を持って聞いた。Nedorezov は最近巨大共鳴以上のエネルギーの光子による光核反応について本を書いたので読んで欲しいと宣伝していた。（ロシア語版だろうと思うが）このセッションは基礎的な興味はもちろん、重アクチナイド核種の廃棄物の消滅処理という点でも興味を持って聞いたが、あまりそれに注目している発表はなかった。それにしても、1 GeV 陽子による核分裂の質量分布が、Bi のような重核はもちろん Au, W, Sm, Sb, Ag, Ni などまで示されていたのは驚きであった。（関係の方には周知かも知れぬが）

以上で基礎的な研究のセッションが終了し、セッション IX では、応用のための核分裂の報告が前記 A. B. Ignatyuk の司会で発表された。IAEA の核データセクションから来た J. J. Schmidt と V. Konshin がレビューし、その後沢山の発表があったが、終りに近づくにつれて核分裂そのものから段々話が外れて散漫になり、会場も空席が目立つようになった。主催者の仲間うちだからとて減損ウラン球殻における 14 MeV 中性子の透過のことまで発表したのは、私自身は興味あったもののこの会議としてはやはり行き過ぎであったし、またドイツ人はこういうことはしないのかと思っていた私の常識にも反していた。最終日には 4 名の者が各セッションの総括を行ったが省略する。

ところで、3 日目の夜はイブニングセッションとして核分裂発見に至る O. Hahn らの研究の歩みが詳しく紹介され一同の興味を引いた。また、第 2 日の昼すぎには、ドレスデン工大図書館司書の方から、ガウシヒ城の歴史とその古い蔵書について説明があった。その他、3 日目の午後はエクスカッションとして、この地方に残る古い街 Bautzen を見学した。また、若い 2 人のピアニストによるシンポジウムコンサートの夕が 4 日目の夜鏡の間で催された。

3. おわりに

プログラムや出席者数のリストを見ても分かるように、この会合は主催国東ドイツとともに、ソ連からの出席者とその発表が圧倒的に多く、次いで西ドイツからの発表が多く内容も豊かであった。フランスは A. Michaudon がトップを飾ったものの実質的な発表はなく、とくに奇異であったのは米国から唯一人しか出席がなかったことである。恐らく米国の研究は来春の NBS での会議に温存され、一部が西ベルリンでの会でも発表されるのかも知れない。反対に米国 NBS の会議にソ連や東欧圏からどのくらい出席するだろうか、かなり疑問である。もう少し世界中の関係研究者を一堂に集めた核分裂50周年の会議が開けなかったのであろうか、日本からも私一人というのは如何にも淋しいことであり役者不足であった。恐らくベルリンや NBS では日本からも多くの寄与があることであろうと期待しているが。

このようなこととは別に、この会議を通して、核分裂発見50周年を経た今も核分裂現象には未知のことが沢山残されていることが分かる。この会議で発表されたいくつかの論文が核分裂現象の理解に若干の知見を新たに加えたとはいえ、なお未知の領域があまりに多い。しかし、実験が詳細になり、また計算も進んでいることも事実なので今後の研究の発展が期待できよう。核分裂発見 100 周年はいざ知らず、60 周年や 70 または 75 周年の頃には少くとももっとも明瞭な核分裂のイメージが確立していると思うし、それを期待する。それとともに、「核分裂」による死者の数がその時までには決して増加しないことを念じつつ筆を置き、ドレスデン会議の拙い報告としたい。

参考文献

- (1) 大沢孝明：核分裂における中性子放出の物理—— IAEA 専門家会議におけるトピックスと議論，核データニュース（原研核データセンター）No 31, p.18 (1988)。

核分裂発見50周年記念「核分裂の物理と化学」第18回核物理国際シンポジウム

主 催 ドレスデン工科大学
協 力 国際原子力機関 (IAEA)
年月日 1988年11月21日～25日
場 所 ガウシヒ城 (東ドイツ・ドレスデン郊外)

プログラム

11月21日 (月)

開会式 IAEA代表及びドレスデン工大

セッション I 核分裂片分布 (実験と理論)

座長 A. Michaudon (ILL)

1. 核分裂研究のレビュー A. Michaudon (ILL)
2. 熱及び高速中性子核分裂における核分裂片の電荷分布
F. Gonnenwein (Tubingen)
3. 熱中性子核分裂における核分裂片の2重エネルギー-2重速度測定
木村 逸郎 (京大)
4. 低エネルギー核分裂における奇偶効果 N. K. Aras (Ankara)
5. MeV 中性子核分裂のエネルギーバランス
A. Ruben (Dresden)

セッション II 核分裂の基本的問題

座長 W. Greiner (Frankfurt)

1. 核分裂における Dissipation と Friction
R. W. Hasse (Darmstadt)
2. 核分裂片の質量分布非対称性に対する diabaticity の影響
M. T. Matef (Sofia)
3. 核分裂におけるパリティバイオレーション
G. A. Petrov (Gatchina)
4. 核分裂におけるパリティ非保存の理論 V. V. Flambaum (Novosibirsk)
5. クォークとパリティ非保存 M. Kirchbach (Rossendorf)

11月22日 (火) (セッション II 続き)

6. 励起された重核の核分裂における時間特性
O. A. Yuminov (Moscow)
7. プリアクチナイド核種のベータ遅延核分裂の発見と今後の課題
Y. A. Lazarev (Dubna)
8. 核分裂以前の中性子共鳴状態におけるウラニウム原子核
A. Meister (Dresden)

セッション III 核分裂の理論

座長 V. Strutinsky (Kiev)

1. 核分裂における核子の殻構造 V. Strutinsky (Kiev)
2. 大きな変形時における原子核のポテンシャルエネルギー表面の異常性
V. V. Pashkevich (Dubna)

3. 核分裂の統計力学とダイナミックス A. B. Ignatyuk (Obninsk)

セッションIV 核分裂片の deexcitation

座長 J. Theobald (Darmstadt)

1. Cf-252 の核分裂の核分裂片, 中性子及びガンマ線に関する統一的詳細記述

U. Erosa (Geel)

2. 核分裂片の deexcitation

H. Marten (Dresden)

3. U-235 熱中性子核分裂の即発中性子スペクトルの実験研究

A. Li (Beijing)

4. Cf-252 の核分裂片の構造

A. B. Ignatyuk (Obninsk)

5. 特殊目的のための高分解能遅発中性子の測定

N. N. Papadopoulos (Greece)

セッションV 3体核分裂

座長 F. Gonnenwein (Tubingen)

1. 低エネルギーでの原子核の3体分離

J. Theobald (Darmstadt)

2. 3体核分裂-実験と軌道計算

D. M. Seliverstov (Gatchina)

..... シンポジウム晩餐会 (鏡の間)

11月23日 (水) (セッションV続き)

3. Cf-252 の2体及び3体核分裂における即発ガンマ線の角度分布

W. Pilz (Rossendorf)

セッションVI 自発核分裂と崩壊

座長 Yu. T. Oganessian (Dubna)

1. クラスター放出放射能, 超非対称核分裂及び基底状態の先駆的な生成

W. Greiner (Frankfurt)

2. 自発核分裂における重イオン放出放射能を含む広い範囲の質量非対称性

D. Poenaru (Bucharest)

3. 重核の自発核分裂の特性: bimodal fission

E. K. Hulet (Livermore)

4. 粒子放出崩壊と核分裂

I. Rotter (Rossendorf)

セッションVII 特殊領域における核分裂

座長 E. K. Hulet (Livermore)

1. ミューオン核分裂と原子核のダイナミックス

P. David (Bonn)

..... エクスカーション (Bautzen 市と Rammenu 城)

夜の特別セッション

座長 D. Seeliger (Dresden)

核分裂の歴史的レビュー

11月24日 (木) (セッションVII続き)

2. U-238のミューオン核分裂, ミューオン転換及び核分裂片に対するミューオン捕獲の研究
G. E. Belovitski (Moscow)

3. 静止反陽子による核分裂
T. V. Egidy (Munchen)

H. Machner (Julich)

4. 1 GeV陽子による核分裂
W. Neubert (Rossendorf)

5. 後方散乱レーザー光子による光核分裂過程の研究と新しい可能性

V. G. Nedoresov (Moscow)

セッションVIII 重イオン核反応と核分裂

座長 I. Rotter (Rossendorf)

1. 重イオンのペリフェラル衝突による非弾性励起による Proximity friction
H. J. Krappe (Berlin/west)

2. 重イオン及び軽イオン誘起核分裂のダイナミックスに関する最近の実験
K. D. Schilling (Rossendorf)

3. 重イオン反応における粒子とガンマ線放出
S. P. Ivanova (Dobna)

4. 重核生成における諸問題
Yu. T. Oganessian (Dubna)

5. 熱い核の核分裂ダイナミックス
D. Hilscher (Berlin/west)

セッションIX 応用のための核分裂研究

座長 A. B. Ignatyuk (Obninsk)

1. 核分裂炉のための核分裂データの必要性
J. J. Schmidt (Vienna)

2. 最近のトランスアクチナイドの中性子核データの評価
V. Konshin (Vienna)

3. 核医学用大規模核分裂生成物分離装置 R. Munze (Rossendorf)
4. 核分裂生成物の崩壊線図データの測定と評価
T. D. Mac Mahon (Ascot)
5. 中性子放射化分析におけるウラン核分裂生成物の寄与
S. M. Al -Jobori (Baghdad)
6. U-234とU-239の核分裂断面積の研究
F. G. Martinez (Habana)
7. U-238に対する14 MeV中性子の反応
T. Hehl (Dresden)
8. 鉛減速スペクトロメータを用いた²³⁶Puの核分裂断面積測定
V. N. Dementyev (Moscow)
9. Th-232のザブバリヤ核分裂 B. I. Fursov (Obrninsk)

..... シンポジウム コンサート (鏡の間)

11月25日 (金) まとめのセッション

座長 D. Seeliger (Dresden)

1. セッションII, IIIのまとめ R. W. Hasse (Darmstadt)
2. セッションI, IV, Vのまとめ F. Gonnwein (Tubingen)
3. セッションVI, VII, VIIIのまとめ Yu. T. Oganessian (Dubna)
4. セッションIXのまとめ A. B. Ignatyuk (Obrninsk)

閉会式

挨拶 来年開催予定の他の核分裂50周年会議へのアピールなど

D. Seeliger (Dresden)

出席者

約80名 (以下いずれも概数。抜けている国があるかも知れない。)

東ドイツ25, ソ連15, 西ドイツ10, IAEA 4, ブルガリア2, 中国2, 以下各
1, 米国, 日本, フランス, 英国, ポーランド, ルーマニア, スーダン, ザンビ
ア, イラク, ブラジル, ベルギー, タイ, インド, トルコ, ギリシャ (順不同)

論文集

本シンポジウムのプロシーディングは, 下記書店から単行本 (TEUBNER-TEXTE zur
Physik) として出版される予定です。

B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, DDR-7010 Leipzig, PSF 930